



RS Global Journals

Scholarly Publisher
RS Global Sp. z O.O.
ISNI: 0000 0004 8495 2390

Dolna 17, Warsaw, Poland 00-773
Tel: +48 226 0 227 03
Email: editorial_office@rsglobal.pl

JOURNAL	European Journal of Intelligent Transportation Systems
p-ISSN	2657-4217
e-ISSN	2657-4225
PUBLISHER	RS Global Sp. z O.O., Poland
ARTICLE TITLE	СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ НА ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ
AUTHOR(S)	Прокудін Г. С., Чупайленко О. А., Прокудін О. Г., Хоботня Т. Г.
ARTICLE INFO	Prokudin Georgii, Chupaylenko Oleksii, Prokudin Oleksii, Khobotnia Tetiana. (2021) Management Decision Support System Freight Transportation on Transport Networks. European Journal of Intelligent Transportation Systems. 1(3). doi: 10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7352.
DOI	https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7352
RECEIVED	12 December 2020
ACCEPTED	25 January 2021
PUBLISHED	30 January 2021
LICENSE	 This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License .

© The author(s) 2021. This publication is an open access article.

СИСТЕМА ПІДТРИМКИ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ УПРАВЛІННЯ ВАНТАЖНИМИ ПЕРЕВЕЗЕННЯМИ НА ТРАНСПОРТНИХ МЕРЕЖАХ

Прокудін Г. С., Д.т.н., професор, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-9701-8511>,

Чупайленко О. А., К.т.н., доцент, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-2004-0355>,

Прокудін О. Г., К.т.н., Національний транспортний університет, м. Київ, Україна,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2077-5746>,

Хоботня Т. Г., Аспірантка, Національний транспортний університет, м. Київ, Україна,
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7094-6297>

DOI: https://doi.org/10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7352

ARTICLE INFO

Received 12 December 2020

Accepted 25 January 2021

Published 30 January 2021

KEYWORDS

freight transportation, open transport problem, fictitious supplier / consumer method, difference method, coefficient method, simplex method, decision support system.

ABSTRACT

The existing methods of reducing open transport problems to a balanced form, namely: the method of fictitious supplier / consumer, the difference method and the method of coefficients. The transport problem is a special case of the general problem of linear programming, so it is also possible to apply the most well-known method of solving problems of this class - the simplex method, pre-grafting the transport problem to the form of linear programming problem and taking into account its specificity. Experimental studies on the optimization of unbalanced freight traffic, which were obtained using the developed decision support system, allow us to conclude that the simplex method has shown high efficiency in finding optimal freight plans for both balanced and unbalanced transport problems. Analysis of the results of the use of all methods on many practical examples allows us to conclude that none of them has an absolute advantage over others. This fact is explained by the fact that each of the methods in some cases of its application showed a better result compared to the results of others.

Citation: Prokudin Georgii, Chupaylenko Oleksii, Prokudin Oleksii, Khobotnia Tetiana. (2021) Management Decision Support System Freight Transportation on Transport Networks. *European Journal of Intelligent Transportation Systems*. 1(3). doi: 10.31435/rsglobal_ejits/30032021/7352.

Copyright: © 2021 Prokudin Georgii, Chupaylenko Oleksii, Prokudin Oleksii, Khobotnia Tetiana. This is an open-access article distributed under the terms of the **Creative Commons Attribution License (CC BY)**. The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.

Постановка проблеми. Одним з основних показників роботи транспорту є обсяг перевезених вантажів. По даним Державної служби статистики України підсумок вантажоперевезень підприємствами транспортного комплексу держави за одинадцять місяців 2020 р. склав 458,7 млн. тон (–11,19% або –57,8 млн. тон до аналогічного періоду попереднього року) [1]. Крім того, відповідно до статистичної звітності вантажоперевезеннями в нашій країні займаються 3996 автопідприємств, серед яких 16 (0,4%) великих, 215 (5,4%) середніх та 3765 (94,2%) малих; у системі залізничного транспорту функціонує 6 залізниць; навігацію здійснюють 38 державних підприємств морського та річкового транспорту з оборотом близько 10 млрд. гривень на рік; у сфері авіаційних послуг активно працює 29 вітчизняних авіакомпаній, якими загалом виконано 79,7 тис. комерційних рейсів (проти 77,1 тис. за аналогічний період минулого року) [2].

Наведені вище статистичні дані надають право зробити висновок про негативні тенденції спаду, що намітилися в транспортній галузі України, і як слідство про подальше зменшення обсягів, структури й географії транспортних перевезень різних вантажів всіма

видами транспорту. У зв'язку із цим однією з актуальних задач транспортної галузі на даний момент є задача оптимізації транспортних перевезень вантажів в умовах невідповідності обсягів їх пропозиції обсягам їх попиту. У цьому випадку прийнято говорити про відкриті або незбалансовані вантажні перевезення.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Перш ніж зупинитися на розгляді методів рішення відкритих транспортних задач (ТЗ), дамо визначення ТЗ [3].

За визначенням ТЗ із m пунктів відправлення (ПВ) A_1, A_2, \dots, A_m , у яких зосереджені запаси однорідного вантажу в кількостях a_1, a_2, \dots, a_m одиниць, необхідно перевезти цей вантаж в n пунктів призначення (ПП) B_1, B_2, \dots, B_n відповідно до заявок, що надійшли від них, на b_1, b_2, \dots, b_n одиниць. Також передбачається, що загальна сума всіх заявок дорівнює загальній сумі всіх запасів, а саме:

$$\sum_{i=1}^m a_i = \sum_{j=1}^n b_j. \quad (1)$$

Матриця (табл. 1) вартостей перевезень одиниці вантажу між кожним ПВ й кожним ПП C , а також матриця (див. табл. 1) відповідних обсягів перевезень X задається наступним способом:

Таблиця 1. Матриці вартостей перевезень одиниці вантажу C і відповідних обсягів перевезень X між кожним ПВ й кожним ПП

$C =$	$c_{1,1}$	$c_{1,2}$	...	$c_{1,n}$
	$c_{2,1}$	$c_{2,2}$	...	$c_{2,n}$

	$c_{m,1}$	$c_{m,2}$	...	$c_{m,n}$

$X =$	$x_{1,1}$	$x_{1,2}$	...	$x_{1,n}$
	$x_{2,1}$	$x_{2,2}$	...	$x_{2,n}$

	$x_{m,1}$	$x_{m,2}$	...	$x_{m,n}$

де c_{ij} – вартість перевезення одиниці вантажу з A_i в B_j , а x_{ij} – кількість вантажу, яка перевезена з A_i в B_j .

Доставити вантаж потрібно таким чином, щоб всі заявки були задоволені й при цьому загальна вартість (Z) всіх перевезень була б мінімальною, тобто

$$Z = c_{1,1} \cdot x_{1,1} + c_{1,2} \cdot x_{1,2} + \dots + c_{m,n} \cdot x_{m,n} \Rightarrow \min \quad (2)$$

ТЗ, що відповідає умові (1), називається закритою або збалансованою ТЗ [4], причому існують три найбільш відомі методи зведення відкритих ТЗ до збалансованого виду [5, 6]:

– введення додаткового (фіктивного) ПВ (ПП) вантажу – метод фіктивного постачальника/споживача;

– зменшення обсягу попиту (пропозиції) на величину невідповідності в одному із ПП (ПВ) – різницевий метод;

– пропорційне обсягам запасів (заявок) зменшення попиту (пропозиції) обсягу вантажів усіх без винятку ПП (ПВ) – метод коефіцієнтів.

Перший метод має два випадки використання:

а) якщо $\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j$, тобто пропозиція перевищує попит. При цьому потреба фіктивного ПП B_{n+1} становить $b_{n+1} = \sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j$;

б) якщо $\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$, тобто попит перевищує пропозицію. У цьому випадку запаси фіктивного ПВ A_{m+1} становлять $a_{m+1} = \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i$.

При цьому у обох випадках у матриці вартостей з'являється, відповідно, додатковий стовпець або рядок, які означають нульові вартості перевезень. ТЗ стає збалансованою, але при цьому частково або повністю не вивозиться вантаж в окремих ПВ при введенні додаткового ПП або також частково або повністю не задовольняються заявки на отримання вантажу деякими ПП при введенні додаткового ПВ.

Використовуючи *другий метод*, для приведення ТЗ до збалансованого виду, модуль різниці $\left| \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i \right|$ віднімається з ПП (при $\sum_{i=1}^m a_i < \sum_{j=1}^n b_j$), що має найбільше значення попиту, або з ПВ (при $\sum_{i=1}^m a_i > \sum_{j=1}^n b_j$), що має найбільше значення пропозиції. Цей метод не застосуємо в тому випадку, коли це найбільше значення попиту (пропозиції), що зменшується, менше або дорівнює модулю різниці $\left| \sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i \right|$.

В основі *третього методу* закладене пропорційне обсягам заявок (запасів) зменшення попиту (пропозиції) вантажів усіх без винятку ПП або ПВ. У випадку перевищення запасів вантажу над його попитом, розраховується коефіцієнт зменшення обсягів пропозиції:

$$k = \frac{\sum_{i=1}^m a_i - \sum_{j=1}^n b_j}{\sum_{i=1}^m a_i} \quad (3)$$

Після чого обсяги пропозиції вантажів всіх ПВ ($i=1, m$) зменшуються до величин $a_i^* = (1-k) \cdot a_i$ і задача стає збалансованою з тими ж обсягами заявок b_j ($j=1, n$) і тією ж розмірністю ТЗ.

При перевищенні ж попиту на вантаж над його пропозицією, розраховується відповідний коефіцієнт зменшення обсягів заявок всіх ПП ($j=1, n$) по формулі (4). Потім ці обсяги заявок зменшуються до величин $b_j^* = (1-k) \cdot b_j$ і ТЗ стає збалансованою з тими ж обсягами запасів a_i ($i=1, m$) і тією самою розмірністю.

$$k = \frac{\sum_{j=1}^n b_j - \sum_{i=1}^m a_i}{\sum_{j=1}^n b_j} \quad (4)$$

А тому, що транспортна задача є окремим випадком загальної задачі лінійного програмування (ЗЛП), тому до неї також цілком можливо застосувати найбільш відомий метод розв'язання ЗЛП – симплексний метод, попередньо привівши транспортну задачу до вигляду задачі лінійного програмування і врахувавши її специфічність [7].

Виклад основного матеріалу. Для приведення транспортної задачі до вигляду ЗЛП спочатку необхідно провести над математичною моделлю ТЗ ряд перетворень. Ці перетворення будемо здійснювати на конкретному прикладі ТЗ, а саме для m постачальників ($m=2$) і n споживачів продукції ($n=3$), яка представлена у вигляді транспортної таблиці (ТТ – табл. 2):

Таблиця 2. Транспортна таблиця

ПП \ ПВ	B_1	B_2	B_3	Запаси
A_1	$c_{1,1}$ $x_{1,1}$ +	$c_{1,2}$ $x_{1,2}$ +	$c_{1,3}$ $x_{1,3}$ =	a_1
A_2	+ $c_{2,1}$ $x_{2,1}$ +	+ $c_{2,2}$ $x_{2,2}$ +	+ $c_{2,3}$ $x_{1,3}$ =	a_2
Заявки	|| b_1	|| b_2	|| b_3	

б) спочатку представимо співвідношення між обсягами перевезень вантажу по рядках (m рівнянь), а потім по стовпчиках ТТ (n рівнянь). В результаті отримуємо систему ($m+n$) лінійних рівнянь:

$$\left\{ \begin{array}{lcl} x_{1,1} + x_{1,2} + x_{1,3} & & = a_1 \\ & x_{2,1} + x_{2,2} + x_{2,3} & = a_2 \\ x_{1,1} + & x_{2,1} & = b_1 \\ & x_{1,2} + & x_{2,2} & = b_2 \\ & x_{1,3} + & x_{2,3} & = b_3 \end{array} \right. \quad (5)$$

в) замінімо $x_{1,1}$ на x_1 , $x_{1,2}$ на x_2 , $x_{1,3}$ на x_3 і т.д. $x_{2,3}$ на x_6 та одержимо:

$$\left\{ \begin{array}{lcl} x_1 + x_2 + x_3 & & = a_1 \\ & x_4 + x_5 + x_6 & = a_2 \\ x_1 + & x_4 & = b_1 \\ & x_2 + & x_5 & = b_2 \\ & x_3 + & x_6 & = b_3 \end{array} \right. \quad (6)$$

г) додаємо, як того вимагає симплексний метод, до усіх рівнянь додаткові змінні, які складуть початкове базисне рішення ТЗ:

$$\left\{ \begin{array}{lcl} x_1 + x_2 + x_3 & & + x_7 = a_1 \\ & x_4 + x_5 + x_6 & + x_8 = a_2 \\ x_1 + & x_4 & + x_9 = b_1 \\ & x_2 + & x_5 & + x_{10} = b_2 \\ & x_3 + & x_6 & + x_{11} = b_3 \end{array} \right. \quad (7)$$

У результаті цих перетворень одержали систему $(m + n)$ лінійних рівнянь з $(m \cdot n + m + n)$ позитивними змінними, рішення з якої може бути одержано за допомогою симплекс-методу [4, 7].

Необхідно також відмітити то, що у класичній ТЗ перевезти продукцію від усіх постачальників (a_i) потрібно так, щоб усі заявки (b_j) були виконані і при цьому загальна вартість (Z) вантажних перевезень була б мінімальною, тобто:

$$Z = c_{1,1} \cdot x_1 + c_{1,2} \cdot x_2 + \dots + c_{m,n} \cdot x_k \Rightarrow \min. \quad (8)$$

Будуємо першу симплексну таблицю (СТ₀) і пристосовуємо її до листа таблиці *Excel* (табл. 3). Більшість значень вносяться до СТ або з ТТ, або з системи лінійних рівнянь (7). Причому тільки деякі значення обчислюються у *Excel*-таблиці, а саме значення цільової функції C_0 та значення індексів у останньому рядку СТ [8].

Таблиця 3. Симплексна таблиця.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
1	СТ ₀			x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8	x_9	x_{10}
2	C_{Bi}	X_{Bi}	B_{Bi}	$c_{1,1}$	$c_{1,2}$	$c_{1,3}$	$c_{2,1}$	$c_{2,2}$	$c_{2,3}$	C	C	C	C
3	C	x_7	a_1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
4	C	x_8	a_2	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
5	C	x_9	b_1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	0
6	C	x_{10}	b_2	0	1	0	0	1	0	0	0	0	1
7	$C_0 =$	180		17	18	7	1	17	8	0	0	0	0

де C – число, яке перевищує будь-яку вартість перевезення одиниці вантажу c_{ij} .

Експериментальна частина досліджень. Розглянемо покроково роботу системи підтримки прийняття рішень (СППР) управління незбалансованими вантажними перевезеннями на транспортній мережі України [9]:

1-й крок: вибір ПВ і ПП та призначення обсягів постачання і споживання вантажу (в цьому прикладі загальний попит на вантаж перевищує його загальну пропозицію на 10 умовних вантажних одиниць):

Міста-постачальники		Міста України		Міста-споживачі	
Місто	Пропозиція			Місто	Попит
Винница	50	Донець		Київ	80
Днепропетровск	100	Житомир		Львів	40
		Запоріжжє		Одеса	40
		Івано-Франківськ			
		Кіровоград			
		Луганськ			
		Львів			
Всього	150	Николаєв		Всього	160
		Полтава			
		Рівно			
		Симферополь			
		Суми			
		Тернопіль			
		Ужгород			
		Харків			

2-й крок: пошук найкоротших маршрутів перевезення вантажу:

256	Винница -> Житомир -> Київ
360	Винница -> Хмельницький -> Тернопіль -> Львів
428	Винница -> Одеса
514	Днепропетровск -> Черкаси -> Київ
970	Днепропетровск -> Кіровоград -> Винница -> Хмельницький -> Тернопіль -> Львів
463	Днепропетровск -> Николаєв -> Одеса

3-й крок: вибір оптимального плану перевезення вантажу (блок-схема алгоритму представлена на рис. 1):

Попит споживачів перевищує пропозицію постачальників !!! Різниця складає 10 одиниць.
Необхідно збалансувати попит та пропозицію
Приведення незбалансованої ТЗ до збалансованого вигляду Симплекс методом, дало нам найліпший оптимальний план перевезень !!!
Razn: 90398
Koef: 98616
Fikt: 94507
Simp: 82180

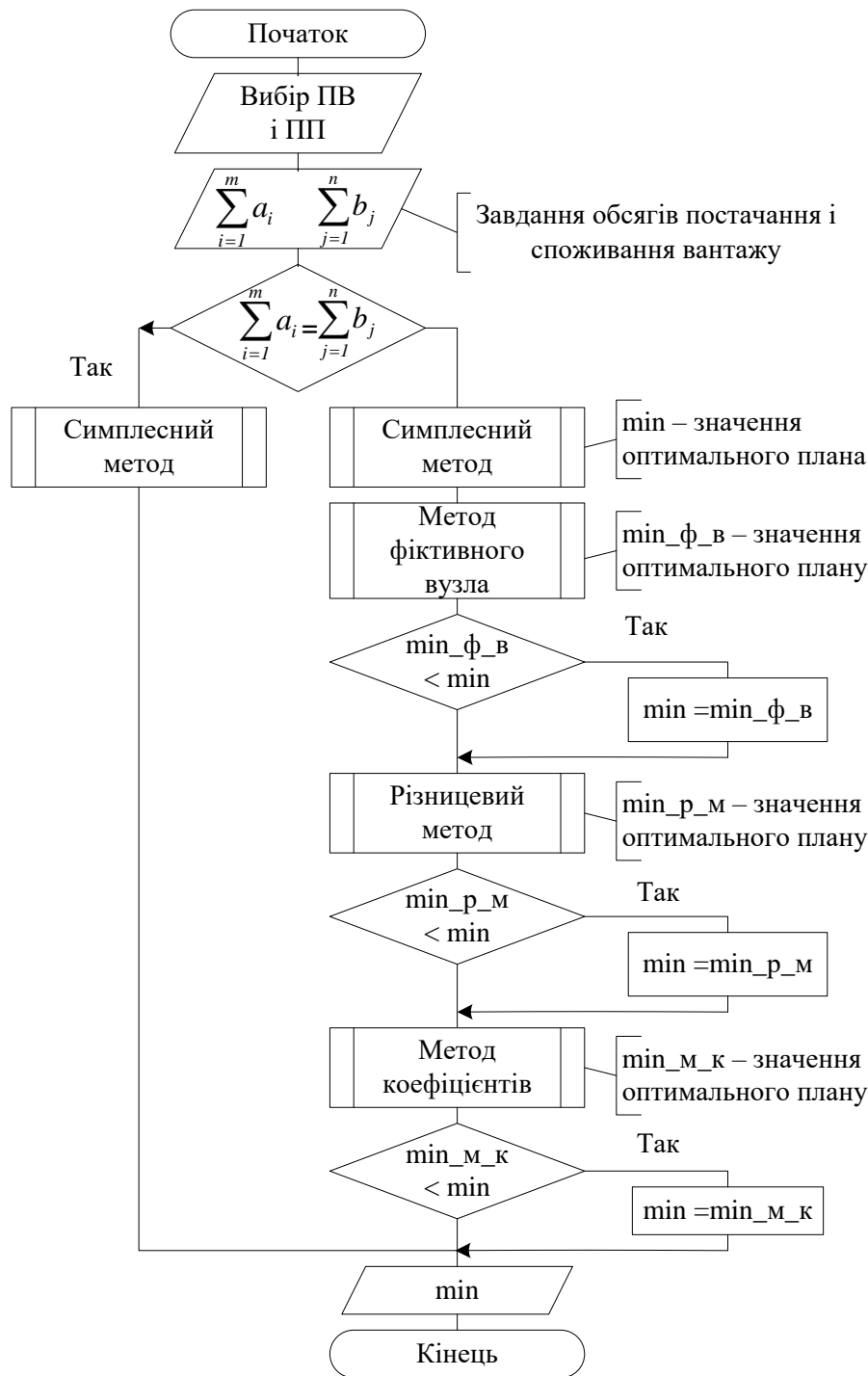


Рис. 1. Блок-схема алгоритму вибору оптимального плану перевезення вантажу

4-й крок: побудова оптимального плану перевезення вантажу:

	Київ	Львів	Одеса
Винниця	0	20	30
Дніпропетровськ	80	20	0

Використовуючи у якості ПВ міста Винниця і Дніпро, а міста Київ, Львів та Одеса у якості ПП, при цьому змінюючи обсяги постачання і споживання вантажу, наведемо приклади застосування усіх перерахованих вище методів зведення відкритих ТЗ до збалансованого виду, а саме різницевого методу, методу коефіцієнтів та методу фіктивного постачальника/споживача:

1) у випадку застосування різницевого методу отримуємо (рис. 2)

Пропозиція постачальників перевищує попит споживачів !!! Різниця складає 10 одиниць(ь). Необхідно збалансувати попит та пропозицію	Киев	Львов	Одесса
Приведення незбалансованої ТЗ до збалансованого вигляду Різничним методом, та її оптимізація методом "Диференційних рент" дало нам найліпший оптимальний план перевезень !!!	Винница	40	30
Razn: 66870 Kofef: 85445 Fikt: 89160 Simp: 74300	Днепропетровск	10	0

Рис. 2. Результати роботи СППР при застосування різницевого методу

2) у випадку застосування методу коефіцієнтів отримуємо (рис. 3):

Попит споживачів перевищує пропозицію постачальників !!! Різниця складає 20 одиниць(ь). Необхідно збалансувати попит та пропозицію	Киев	Львов	Одесса
Приведення незбалансованої ТЗ до збалансованого вигляду Методом коефіцієнтів, та її оптимізація методом "Диференційних рент" дало нам найліпший оптимальний план перевезень !!!	Винница	20	40
Razn: 90398 Kofef: 73962 Fikt: 94507 Simp: 82180	Днепропетровск	20	0

Рис. 3. Результати роботи СППР при застосування методу коефіцієнтів

3) у випадку застосування методу фіктивного постачальника/споживача отримуємо (рис. 4):

Пропозиція постачальників перевищує попит споживачів !!! Різниця складає 20 одиниць(ь). Необхідно збалансувати попит та пропозицію	Киев	Львов	Одесса
Приведення незбалансованої ТЗ до збалансованого вигляду Методом фіктивного постачальника/споживача, та її оптимізація методом "Диференційних рент" дало нам найліпший оптимальний план перевезень !!!	Винница	30	50
Razn: 99715 Kofef: 108780 Fikt: 81585 Simp: 90650	Днепропетровск	10	0

Рис. 4. Результати роботи СППР при застосування методу фіктивного постачальника/споживача

У якості експерименту з метою виявлення пріоритетності розглянутих вище методів за допомогою СППР управління вантажними перевезеннями було розв'язано 100 не збалансованих за обсягами перевезень вантажу практичних транспортних завдань по знаходженню оптимальних планів перевезень вантажів. В результаті у якості методу зведення цих відкритих ТЗ до збалансованого виду і подальшому знаходженню оптимального плану вантажних перевезень було використано: симплексний метод у 48 випадках; метод коефіцієнтів у 27 випадках; метод фіктивного постачальника/споживача у 16 випадках та різницевий метод у 9 випадках.

Висновки. Наведені вище теоретичні відомості про існуючі методи зведення відкритих ТЗ до збалансованого виду й засновані на них експериментальні дослідження з оптимізації вантажних перевезень, які отримані за допомогою розробленого програмного комплексу, дозволяють зробити наступні висновки:

по-перше, симплексний метод показав свою дієздатність і високу затребуваність при знаходженні оптимальних планів вантажних перевезень як збалансованих так і незбалансованих ТЗ;

по-друге, різницевий метод пропорційного зменшення обсягів попиту (пропозиції) вантажу у учасників перевізного процесу, тобто метод коефіцієнтів, носить більш "справедливий" характер, який проявляється при перерозподілі обсягів перевезень;

по-третє, різницевий метод зменшення обсягу пропозиції (попиту) на величину невідповідності в одному із ПВ (ПП) не може бути застосований у тому випадку, коли найбільше значення пропозиції (попиту) менше значення цієї величини невідповідності;

по-четверте, аналіз результатів використання всіх методів на безлічі практичних прикладів дозволяє зробити висновок про те, що жоден з них не має абсолютну перевагу перед

іншими. Цей факт пояснюється тим, що кожний з методів в окремих випадках його застосування показував кращий результат у порівнянні з результатами інших;

по-п'яте, використання описаного вище програмного комплексу підтримки прийняття рішень по здійсненню перевезень вантажів у відкритих мережевих ТЗ [10] дозволить на практиці завжди вибирати найбільш вигідні, з економічної точки зору, рішення;

і нарешті, *по-шосте*, всі перераховані вище методи приведення відкритих ТЗ до збалансованого виду також можливо використовувати й для мережевих ТЗ. Це є обов'язковим підготовчим (попереднім) етапом перед наступним застосуванням процедур оптимізації транспортних вантажних перевезень на мережевих моделях транспортних систем.

Спільне використання описаних у статті методів розв'язання відкритих мережевих транспортних задач, а саме методу знаходження найкоротших маршрутів на транспортній мережі [11] й методів зведення відкритих ТЗ до збалансованого виду [12], дозволяє одержати високий економічний і організаційно-технічний ефект, що було доведено при знаходженні оптимальних планів вантажних перевезень на автотранспортних підприємствах Асоціації міжнародних автомобільних перевізників України.

ЛІТЕРАТУРА

1. Офіційний сайт Державна служба статистики України. Retrieved from www.ukrstat.gov.ua.
2. Офіційний сайт Міністерства інфраструктури України. Retrieved from mtu.gov.ua.
3. Данциг Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения. – М: “Прогресс”, 1966. – 600 с.
4. Зайченко Ю. П. Дослідження операцій. – К.: ЗАТ “ВІПОЛ”, 2000. – 688 с.
5. Прокудін Г.С. Теоретичні та прикладні аспекти раціональної організації вантажних перевезень у транспортних системах / Г.С. Прокудін, М.Г. Іщенко, О.І. Цуканов, О.Г. Прокудін // Вісник Харківського національного автомобільно-дорожнього університету, випуск 63. – Харків: ХНАДУ, 2013. – С. 117–122.
6. Prokudin G. Application of Information Technologies for the Optimization of Itinerary when Delivering Cargo by Automobile Transport / O. Prokudin, O. Chupaylenko, O. Dudnik, A. Dudnik, V. Svatko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. N. 2/3 (92). P. 51-59. (ISSN 1729-3774, DOI:10.15587/1729-4061.2018.128907, Retrieved from <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/128907>).
7. Таха Х.А. Введение в исследование операций. -М.: Изд. дом "Вильямс", 2001. – 912 с.
8. Прокудін Г.С. Програмний комплекс оптимізації вантажних перевезень симплексним методом: Свідчення про внесення суб'єкта підприємств. діяльн. до Реєстру виробн. та розповсюдж. прогр. забезп. / Г.С. Прокудін, М.М. Дмитрієв. – Серія ВР, № 00933, Україна, МОН – ід. код 02070915; заяв. 18.06.08; опуб. 25.06.08. – 10 с.
9. Прокудін Г.С. Система підтримки прийняття рішень по оптимальному управлінню не збалансованими вантажними перевезеннями: Свідчення про внесення суб'єкта підприємств. діяльн. до Реєстру виробн. та розповсюдж. прогр. забезп. / Г.С. Прокудін, М.М. Дмитрієв. – Серія ВР, № 00932, Україна, МОН – ід. код 02070915; заяв. 18.06.08; опуб. 25.06.08. – 66 с.
10. Prokudin G. Application of Information Technologies for the Optimization of Itinerary when Delivering Cargo by Automobile Transport / O. Prokudin, O. Chupaylenko, O. Dudnik, A. Dudnik, V. Svatko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. N. 2/3 (92). P. 51-59. (ISSN 1729-3774, DOI:10.15587/1729-4061.2018.128907, Retrieved from <http://journals.urau.ua/eejet/article/view/128907>).
11. Програма пошуку найкоротших відстаней на транспортній мережі за допомогою методу графів: Свідчення про внесення суб'єкта підприємств. діяльн. до Реєстру виробн. та розповсюдж. прогр. забезп. / Г.С. Прокудін, М.М. Дмитрієв. – Серія ВР, № 00935, Україна, МОН – ід. код 02070915; заяв. 18.06.08; опуб. 25.06.08. – 13 с.
12. Prokudin G. Logistics Approach to the Organization of Unbalanced Freight Transportation in Transport Networks / G. Prokudin, O. Chupaylenko, I. Lebid, N. Luzhanska // Proceedings of 24th International Scientific Conference. Transport Means 2020. Sustainability: Research and Solutions. PART I. September 30 - October 02, 2020 Online Conference - Kaunas, Lithuania. P. 22-26.